



①⑨ **BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND**



**DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT**

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑩ **DE 100 03 524 A 1**

⑤⑦ Int. Cl. 7:  
**H 05 G 1/02**  
H 05 G 1/61  
A 61 B 6/03

②① Aktenzeichen: 100 03 524.8  
②② Anmeldetag: 27. 1. 2000  
④③ Offenlegungstag: 16. 8. 2001

DE 100 03 524 A 1

⑦① Anmelder:  
Siemens AG, 80333 München, DE

⑦② Erfinder:  
Graumann, Rainer, Dr., 91315 Höchstadt, DE;  
Kusch, Jochen, Dipl.-Ing., 91090 Effeltrich, DE

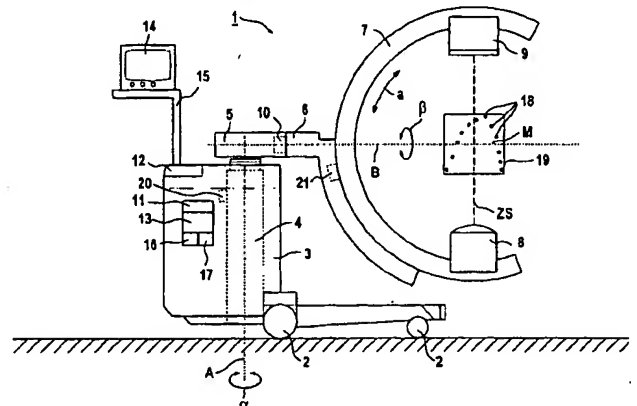
⑤⑥ Entgegenhaltungen:  
DE 199 50 793 A1  
DE 198 27 022 A1  
DE 197 46 092 A1  
DE 196 20 371 A1  
US 58 22 386 A  
US 55 83 909 A

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤④ **Verfahrbares Röntgengerät und Verfahren zur Bestimmung von Projektionsgeometrien**

⑤⑦ Die Erfindung betrifft ein verfahrbares Röntgengerät mit einem eine Röntgenstrahlenquelle und einen Röntgenstrahlendetektor umfassenden Röntgensystem, welches an einer Tragevorrichtung angeordnet ist. Die Tragevorrichtung ist zur Aufnahme einer Serie von 2-D-Projektionen von einem Objekt um eine wenigstens im wesentlichen horizontal durch die Tragevorrichtung verlaufende Achse motorisch schwenkbar. Das Röntgengerät weist Mittel zur Erzeugung eines 3-D-Bilddatensatzes aus den aufgenommenen 2-D-Projektionen auf. Die Erfindung betrifft außerdem ein Verfahren zur Bestimmung der für die Erzeugung eines 3-D-Bilddatensatzes aus aufgenommenen 2-D-Projektionen erforderlichen Projektionsgeometrien.



DE 100 03 524 A 1

Die Erfindung betrifft ein verfahrenbares Röntgengerät mit einem eine Röntgenstrahlenquelle und einen Röntgenstrahlendetektor umfassenden Röntgensystem. Das Röntgensystem ist an einer Tragevorrichtung angeordnet zur Aufnahme einer Serie von 2D-Projektionen von einem Objekt für die Rekonstruktion eines 3D-Bildes des Objektes relativ zu dem Objekt verstellbar. Die Erfindung betrifft außerdem ein Verfahren zur Bestimmung von Projektionsgeometrien für ein derartiges Röntgengerät.

Röntgengeräte der eingangs genannten Art, bei denen es sich in der Regel um verfahrbare C-Bogen-Röntgengeräte handelt, sind beispielsweise zum Einsatz in der Medizin vorgesehen, um aus einer Serie von unter verschiedenen Projektionswinkeln aufgenommenen 2D-Projektionen von einem Körperteil eines Patienten 3D-Bilder von dem Körperteil rekonstruieren zu können. Die Rekonstruktion von 3D-Bildern aus den mit dem Röntgensystem aufgenommenen 2D-Projektionen setzt allerdings die Kenntnis der Projektionsgeometrien, d. h. die Kenntnis der Positionen der Röntgenstrahlenquelle und des Röntgenstrahlendetektors sowie die Kenntnis des Projektionswinkels bei jeder der einzelnen 2D-Projektionen der Serie voraus. Da C-Bogen-Röntgengeräte mechanische Instabilitäten, insbesondere die Verstellbewegung des C-Bogens betreffend aufweisen, welche sich infolge der Gewichtskraft der Röntgenstrahlenquelle und des Röntgenstrahlenempfängers in Verwindungen des C-Bogens bei Verstellbewegungen desselben äußern, sind Maßnahmen vorzusehen, um die Projektionsgeometrien während der 2D-Projektionen ermitteln und somit 3D-Bildern von dem Objektes rekonstruieren zu können.

Aus der DE 197 46 093 A1 ist ein derartiges C-Bogen-Röntgengerät bekannt. Zur Aufnahme einer Serie von 2D-Projektionen wird der mit dem Röntgensystem versehene C-Bogen des Röntgengerätes vorzugsweise isozentrisch längs seines Umfangs in einer sogenannten Orbitalbewegung in einem Winkelbereich von ca. 200° um das zu untersuchende Körperteil des Patienten motorisch verstellt. Zur Bestimmung der Projektionsgeometrien weist das Röntgengerät Mittel in Form von an der Röntgenstrahlenquelle und dem Röntgenstrahlenempfänger angeordneten Sendeeinrichtungen und an relativ zu dem Röntgensystem stationären Komponenten des Röntgengerätes angeordneten Empfangseinrichtungen für Schallwellen oder elektromagnetische Wellen auf. Durch Laufzeit- oder Phasenmessungen der Schall- oder elektromagnetischen Wellen zwischen den Send- und Empfangseinrichtungen im Zuge der Aufnahme von 2D-Projektionen können die Projektionsgeometrien der einzelnen 2D-Projektionen ermittelt und somit aus der Serie von 2D-Projektionen 3D-Bilder von dem untersuchten Objekt erzeugt werden.

Nachteilig an dem bekannten Röntgengerät erweist sich, dass die Realisierung der motorischen Verstellung des C-Bogens längs seines Umfangs technisch aufwendig und somit teuer ist. Darüber hinaus erfordert die Ermittlung der Projektionsgeometrien während der Aufnahme einer Serie von 2D-Projektionen, welche auch als Online-Ermittlung der Projektionsgeometrien bezeichnet wird, einen hohen Einsatz von Rechenleistung, um in möglichst kurzer Zeit nach der Aufnahme der Serie von 2D-Projektionen in erwünschter Weise zu 3D-Bildern von dem Objekt gelangen zu können. Eine sogenannte Realtime-Rekonstruktion von 3D-Bildern ist demnach nur mit einem Einsatz teurer, eine hohe Rechenleistung aufweisender Rechner möglich.

Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, ein Röntgengerät der eingangs genannten Art derart auszuführen, dass der technische Aufwand für die Erzeugung von

3D-Bildern von einem Objekt verringert ist. Der Erfindung liegt außerdem die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren anzugeben, durch das die für die Rekonstruktion von 3D-Bildern erforderlichen Projektionsgeometrien für das erfindungsgemäße Röntgengerät in vereinfachter Weise zur Verfügung gestellt werden können.

Nach der Erfindung wird die das Röntgengerät betreffende Aufgabe gelöst durch ein verfahrenbares Röntgengerät mit einem eine Röntgenstrahlenquelle und einen Röntgenstrahlendetektor umfassenden Röntgensystem, welches an einer Tragevorrichtung angeordnet ist, welche Tragevorrichtung zur Aufnahme einer Serie von 2D-Projektionen von einem Objekt um eine wenigstens im wesentlichen horizontal durch die Tragevorrichtung verlaufende Achse motorisch schwenkbar ist und mit Mitteln zur Erzeugung eines 3D-Bilddatensatzes aus den aufgenommenen 2D-Projektionen. Im Unterschied zu dem bekannten Röntgengerät ist die Tragevorrichtung des erfindungsgemäßen Röntgengerätes motorisch um eine wenigstens im wesentlichen horizontal durch die Tragevorrichtung verlaufende Achse schwenkbar. Diese Form der Schwenkung um die horizontal verlaufende Achse, welche nach einer Ausgestaltung der Tragevorrichtung des erfindungsgemäßen Röntgengerätes in Form eines C-Bogens der Angulationsachse des C-Bogens entspricht, lässt sich wesentlich einfacher realisieren als die technisch aufwendige motorische Orbitaldrehung des C-Bogens, worunter die Verstellung des C-Bogens längs seines Umfangs verstanden wird. Durch die erfindungsgemäße Ausbildung des Röntgengerätes ist demnach der technische Aufwand für die Erzeugung eines 3D-Bilddatensatzes von einem Objekt, aus dem 3D-Bilder von dem Objekt gewonnen werden können, deutlich verringert.

Ein weiterer Vorteil der Erfindung liegt darin, dass auch einfache C-Bogen-Röntgengeräte mit nicht isozentrisch verstellbaren C-Bogen in einfacher Weise mit motorisch um ihre Angulationsachse schwenkbaren C-Bogen ausgeführt werden können, so dass auch mit derartigen einfachen Röntgengeräten 3D-Bilddatensätze zur Rekonstruktion von 3D-Bildern von einem Objekt gewonnen werden können. Denn auch bei nicht isozentrisch verstellbaren C-Bogen verändert sich die Lage des Schnittpunktes zwischen dem Zentralstrahl eines von der Röntgenstrahlenquelle ausgesandten Röntgenstrahlenbündels und der Angulationsachse bei Schwenkung des C-Bogens um die Angulationsachse näherungsweise nicht, wie dies bei einer Orbitaldrehung eines isozentrisch verstellbaren C-Bogens um das Isozentrum des C-Bogens der Fall ist. Dadurch wird in beiden Fällen auf vorteilhafte Weise die Erzeugung eines 3D-Bilddatensatzes aus einer Serie von 2D-Projektionen vereinfacht.

Eine besonders bevorzugte Ausführungsform der Erfindung sieht vor, dass die motorische Schwenkung der Tragevorrichtung durch einen digital gesteuerten Antrieb bewirkt wird. Der vorzugsweise softwaregesteuerte Antrieb, welcher nach einer Ausführungsform der Erfindung einen Schrittmotor umfasst, ermöglicht eine präzise Schwenkung der Tragevorrichtung um die horizontal verlaufende Achse, wobei verschiedene Schwenkstellungen der Tragevorrichtung mit hoher Genauigkeit wiederholt eingestellt werden können. Mit Hilfe des Schrittmotors können einzelne Schwenkstellungen bei der Verstellbewegung des C-Bogens bis auf 500 µ° genau wiederholt angefahren werden.

Die das Verfahren betreffende Aufgabe wird gelöst durch ein Verfahren zur Bestimmung der Projektionsgeometrien für ein verfahrenbares Röntgengerät, bei dem die Tragevorrichtung relativ zu einer Halterung des Röntgengerätes um die durch die Halterung und die Tragevorrichtung wenigstens im wesentlichen horizontal verlaufende Achse schwenkbar ist, aufweisend folgende Verfahrensschritte:

- a) Einstellung erster die Ausgangsstellung der Tragevorrichtung relativ zu der Halterung umfassender Aufnahmeparameter,
- b) Anordnung eines zur Bestimmung der Projektionsgeometrien vorgesehenen Phantoms derart relativ zu dem Röntgensystem, dass es von einem von der Röntgenstrahlenquelle zu dem Röntgenstrahlendetektor verlaufenden Röntgenstrahlenbündel durchdrungen werden kann,
- c) Aufnahme einer Serie von 2D-Projektionen von dem Phantom während des motorischen Schwenkens der Tragevorrichtung relativ zu der Halterung um die horizontal verlaufende Achse,
- d) Auswertung der von dem Phantom aufgenommenen 2D-Projektionen zur Ermittlung der Projektionsgeometrien für jede der 2D-Projektionen,
- e) Speicherung der ermittelten Projektionsgeometrien für die ersten Aufnahmeparameter, und
- f) gegebenenfalls Durchführung der Schritte a) bis e) bei geänderten Aufnahmeparametern.

Wenn die Tragevorrichtung des Röntgengerätes als C-Bogen ausgebildet ist, welcher längs seines Umfanges verstellbar in einem mit der Halterung verbundenen Lagerteil gelagert ist, sieht eine Variante des Verfahrens zur Bestimmung der Projektionsgeometrien vor, die Bestimmung der Projektionsgeometrien in Abhängigkeit von der Stellung der Tragevorrichtung relativ zu dem Lagerteil vorzunehmen.

Mit dem erfindungsgemäßen Verfahren wird vorgeschlagen, die Projektionsgeometrien im Unterschied zu dem bekannten Röntgengerät nicht während der Aufnahme einer Serie von 2D-Projektionen von einem Objekt, sondern in einem oder mehreren Kalibriervorgängen vor der Aufnahme von Serien von 2D-Projektionen von Objekten zu ermitteln und zu speichern, um die Projektionsgeometrien für spätere Messungen von Serien von 2D-Projektionen von Objekten zur Erzeugung von 3D-Bilddatensätzen zur Verfügung stellen zu können. Der Vorschlag für das erfindungsgemäße Verfahren beruht dabei auf der Überlegung, die bei der Verstellung der Tragevorrichtung um die horizontal verlaufende Achse des Röntgengerätes infolge der Gewichtskräfte der Röntgenstrahlenquelle und des Röntgenstrahlendetektors auftretenden Verwindungen der Tragevorrichtung, welche zu Abweichungen von der idealen Verstellbewegung des Röntgensystems um das Objekt führen, als mechanische Konstanten zu betrachten. Da die Tragevorrichtung bei Schwenkbewegungen unter gleichen, die Verstellbewegung der Tragevorrichtung betreffenden Ausgangsbedingungen, d. h. bei gleichen Aufnahmeparametern, worunter z. B. die Ausgangsstellung der Tragevorrichtung, die Schwenkgeschwindigkeit der Tragevorrichtung, die Anfahr- und Abbremskurve der Tragevorrichtung sowie der Schwenkwinkel verstanden wird, stets näherungsweise dieselben Verwindungen zeigt, hat sich diese Annahme als gerechtfertigt erwiesen. Die Schwenkbewegung der mit dem Röntgensystem versehenen Tragevorrichtung um die horizontal verlaufende Achse kann demnach als reproduzierbar erachtet werden. Daher lassen sich die Projektionsgeometrien des erfindungsgemäßen Röntgengerätes in einem oder mehreren Kalibriervorgängen vor eigentlichen Objektmessungen bestimmen, was auch als Offline-Bestimmung der Projektionsgeometrien bezeichnet wird.

Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung ist in der beigefügten schematischen Figur dargestellt, welche ein erfindungsgemäßes verfahrenbares Röntgengerät zeigt.

Bei dem in der Figur dargestellten erfindungsgemäßen Röntgengerät handelt es sich um ein C-Bogen-Röntgengerät 1 mit einem auf Rädern 2 verfahrenbaren Gerätewagen 3. Das

C-Bogen-Röntgengerät 1 weist eine in der Figur mit gestrichelten Linien angedeutete Hubsäule 4 auf, welche um eine Längsachse A in die Richtungen des Doppelpfeils  $\alpha$  drehbar ist. An der Hubsäule 4 ist eine Halterung 5 angeordnet, an der wiederum ein Lagerteil 6 zur Lagerung eines C-Bogens 7 angeordnet ist.

Der C-Bogen 7 ist mit einem Röntgenstrahlenquelle 8 und einen flächigen Röntgenstrahlendetektor 9 aufweisenden Röntgensystem versehen, wobei die Röntgenstrahlenquelle 8 und der Röntgenstrahlendetektor 9 derart einander gegenüberliegend an den Enden des C-Bogens 7 angeordnet sind, dass ein von der Röntgenstrahlenquelle 8 ausgehender Zentralstrahl ZS eines kegelförmigen Röntgenstrahlenbündels annähernd mittig auf den Röntgenstrahlendetektor 9 trifft. Bei dem Röntgenstrahlendetektor 9 kann es sich um einen Röntgenbildverstärker, einen aSi-Flachbilddetektor oder auch einen Röntgenfilm handeln. Mit Hilfe der Hubsäule 4 ist der C-Bogen 7, der über das Lagerteil 6 und die Halterung 5 mit der Hubsäule 4 verbunden ist, relativ zu dem Gerätewagen 3 vertikal verstellbar.

Der C-Bogen 7 ist im Falle des vorliegenden Ausführungsbeispiels in Richtung des Doppelpfeils  $\alpha$  längs seines Umfanges, vorzugsweise manuell Verstellbar, an dem Lagerteil 6 gelagert. Das Lagerteil 6 ist zusammen mit dem C-Bogen 7 um eine durch die Halterung 5, das Lagerteils 6 und den C-Bogen 7 wenigstens im wesentlichen horizontal verlaufende Achse B, welche auch als Angulationsachse des C-Bogen-Röntgengerätes 1 bezeichnet wird, motorisch schwenkbar (vgl. Doppelpfeil  $\beta$ ). Zum motorischen Schwenken des Lagerteils 6 und des C-Bogens 7 relativ zu der Halterung 5 ist im Falle des vorliegenden Ausführungsbeispiels ein in die Halterung 5 integrierter, digital softwaregesteuerter elektrischer Antrieb in Form eines Schrittmotors 10 vorgesehen. Der digital ansteuerbare Schrittmotor 10 zeichnet sich dadurch aus, dass einzelne Schwenkstellungen des Lagerteils 6 und des C-Bogens 7 relativ zu dem Lagerteil 5 bis auf  $500 \mu^\circ$  genau wiederholt angefahren werden können. Die Steuerung des Schrittmotors 10 erfolgt durch eine Gerätesteuerung 11 des C-Bogen-Röntgengerätes 1, welche im Falle des vorliegenden Ausführungsbeispiels auch alle anderen mit der Aufnahme von 2D-Projektionen zusammenhängende Funktionen und Komponenten des C-Bogen-Röntgengerätes 1 steuert.

Die Gerätesteuerung 11 ist mit einem Gerätebedienteil 12 des C-Bogen-Röntgengerätes 1 verbunden, mit dem eine Bedienerperson Einstellungen an dem C-Bogen-Röntgengerät 1, was die Aufnahme von 2D-Projektionen und die motorische Verstellung des Lagerteils 6 zusammen mit dem C-Bogen 7 anbelangt, vornehmen kann.

Das C-Bogen-Röntgengerät 1 ist zur Erzeugung eines 3D-Bilddatensatzes von einem in der Figur nicht dargestellten Objekt vorgesehen. Der 3D-Bilddatensatz wird aus einer Serie von unter voneinander verschiedenen Projektionswinkeln aufgenommenen 2D-Projektionen von dem Objekt, welche mit Hilfe der Röntgenstrahlenquelle 8 und den Röntgenstrahlendetektor 9 aufweisenden Röntgensystems gewonnen werden, mit einem mit der Gerätesteuerung 11 verbundenen Bildrechner 13 erzeugt. Aus dem erzeugten 3D-Bilddatensatz kann der Bildrechner 13 in vorgebar Weise verschiedene 3D-Bilder bzw. 3D-Ansichten des radiologisch untersuchten Objektes rekonstruieren. Die 3D-Bilder bzw. 3D-Ansichten sind auf einem Sichtgerät 14, welches auf einer Halterung 15 des C-Bogen-Röntgengerätes 1 angeordnet ist, darstellbar.

Zur Aufnahme einer Serie von 2D-Projektionen bei unterschiedlichen Projektionswinkeln wird das Lagerteil 6 zusammen mit dem das Röntgensystem tragende C-Bogen 7, beispielsweise ausgehend von der in der FIG dargestellten

Ausgangsstellung des C-Bogens 7, in eine Richtung des Doppelpfeils  $\beta$  in einem Winkelbereich von vorzugsweise größer gleich  $180^\circ$ , um das zu untersuchende, in einem 3D-Bild darzustellende Objekt motorisch geschwenkt. Während dieser motorischen Schwenkung des C-Bogens 7 um die Angulationsachse B wird eine Serie von vorzugsweise ca. 50 bis 100 2D-Projektionen von dem Objekt mit dem Röntgensystem aufgenommen. Die aufgenommenen 2D-Projektionen werden dabei in einem Bildspeicher 16 zwischengespeichert. Die für die Aufnahme der Serie von 2D-Projektionen erforderlichen Eingaben, z. B. die Vorgabe der Schwenkgeschwindigkeit und des Schwenkwinkels sowie die Anzahl der gewünschten 2D-Projektionen, erfolgt über das Gerätebedienteil 12.

Für die Erzeugung eines 3D-Bilddatensatzes aus den aufgenommenen 2D-Projektionen ist, wie bereits eingangs erwähnt, die Kenntnis der Projektionsgeometrien, also die Position der Röntgenstrahlenquelle 8 und des Röntgenstrahlendetektors 9, relativ zu dem Objekt sowie die Kenntnis des Projektionswinkels bei jeder der 2D-Projektionen erforderlich.

Bei dem erfindungsgemäßen C-Bogen-Röntgengerät 1 werden diese Projektionsgeometrien in einem Kalibriervorgang vor der Aufnahme von Serien von 2D-Projektionen von einem Objekt ermittelt und in einem Speicher 17 für die spätere Erzeugung jeweils eines 3D-Bilddatensatzes aus aufgenommenen Serien von 2D-Projektionen von unterschiedlichen Objekten bereitgehalten.

Bei dem Schwenken des C-Bogens 7 um die Angulationsachse B treten zwar infolge der Gewichtskräfte der Röntgenstrahlenquelle 8 und des Röntgenstrahlendetektors 9 Verwindungen des C-Bogens 7 auf. Da diese Verwindungen unter den gleichen Ausgangsbedingungen, d. h. den gleichen Aufnahmeparametern, z. B. der Ausgangsstellung des C-Bogens 7 zu Beginn einer Schwenkbewegung, der Schwenkgeschwindigkeit, der Anfahr- und Abbremsbeschleunigung des C-Bogens 7 und des Schwenkwinkels, jedoch stets annähernd in der gleichen Weise auftreten, können diese als mechanische Konstanten bei der Schwenkung des C-Bogens 7 betrachtet werden. Bei bekannten Aufnahmeparametern bei der Schwenkung des C-Bogens 7 ist demnach der Verstellweg des Röntgensystem, also der Röntgenstrahlenquelle 8 und des Röntgenstrahlenempfängers 9, welcher aufgrund der Verwindungen des C-Bogens 7 nicht dem idealen Verstellweg entspricht, reproduzierbar. Als besonders vorteilhaft erweist sich dabei, dass mit dem Schrittmotor 10 einzelne Schwenkstellungen des C-Bogens 7 mit hoher Präzision wiederholt angefahren werden können. Die Betrachtung der Verwindungen des C-Bogens 7 als mechanische Konstanten sowie die Möglichkeit der wiederholten präzisen Einstellung einzelner Schwenkstellungen des C-Bogens 7 ermöglichen es demnach, die Projektionsgeometrien für unterschiedliche Aufnahmevorgänge in einem oder mehreren Kalibriervorgängen vor der Aufnahme von Serien von 2D-Projektionen von einem Objekt für das C-Bogen-Röntgengerät 1 zu ermitteln.

Diese Offline-Bestimmung der Projektionsgeometrien erfolgt im Falle des vorliegenden Ausführungsbeispiels derart, dass zunächst eine erste vertikale Einstellung des Lagerteils 5, eine erste Einstellung des C-Bogens 7 in dem Lagerteil 6 und eine erste Einstellung der Lagerung 6 relativ zu dem Lagerteil 5 vorgenommen wird, wobei die Gerätesteuerung 11 die vertikale Einstellung der Halterung 5 und die Einstellung des C-Bogens 7 relativ zu der Lagerung 6 zu Beginn eines Kalibriervorganges von in der FIG in schematischer Weise dargestellten, an sich bekannten Positionsgewerten 20, 21 abfragt. Die Stellung der Lagerung 6 relativ zu der Halterung 5 lässt sich direkt den Steuerdaten für den

Schrittmotor 10 entnehmen. Im Falle des vorliegenden Ausführungsbeispiels ist der C-Bogen 7 derart manuell in der Lagerung 6 eingestellt und mit nicht näher dargestellten, an sich bekannten Mitteln, z. B. Klemmschrauben, fixiert worden, dass der Zentralstrahl ZS eines von der Röntgenstrahlenquelle 8 ausgehenden Röntgenstrahlenbündels die Angulationsachse B annähernd rechtwinklig schneidet. Eine Fixierung des C-Bogens 7 ist dabei nicht notwendigerweise erforderlich. Anschließend wird zur Bestimmung der Projektionsgeometrien ein mit röntgenpositiven Marken 18 versehenes Phantom 19 derart relativ zu dem Röntgensystem angeordnet, dass ein von der Röntgenstrahlenquelle 8 zu dem Röntgenstrahlendetektor 9 verlaufendes Röntgenstrahlenbündel das Phantom 19 zumindest teilweise durchdringen kann. Bei dem Phantom 19 kann es sich beispielsweise um einen an sich aus der US 5,822,396 oder der US 5,835,563 bekannten eigentlich für die Online-Bestimmung von Projektionsgeometrien vorgesehenen Markerring handeln. Es können jedoch auch andere speziell für die Offline-Bestimmung von Projektionsgeometrien vorgesehene Phantome verwendet werden.

Ist das Phantom 19 beispielsweise ein eine Mittelachse M aufweisender, aus der US 5,822,396 oder der US 5,835,563 bekannter Markerring oder ein andersartiges, eine Mittelachse M aufweisendes Phantom erfolgt die Positionierung des Phantoms 19 relativ zu dem Röntgensystem vorzugsweise derart, dass die Mittelachse M des Phantoms 19 wenigstens im wesentlichen parallel zu oder sogar identisch mit der Angulationsachse B des C-Bogen-Röntgengerätes 1 ist.

Nach der Positionierung des Phantoms 19 relativ zu dem Röntgensystem wird in einem Kalibriernodus des Röntgengerätes 1 eine Serie von 2D-Projektionen von dem Phantom 19 angefertigt, wobei das Lagerteil 6 zusammen mit dem C-Bogen 7 durch den Schrittmotor 10 um die Angulationsachse B, also in eine Richtung des Doppelpfeils  $\beta$  mit einer vorgebbaren Geschwindigkeit sowie einer vorgebbaren Anfahr- und Abbremsbeschleunigung verstellt wird. Durch Auswertung der 2D-Projektionen von dem Phantom 19 beispielsweise mit Hilfe des Bildrechners 13 können die Projektionsgeometrien für die einzelnen 2D-Projektionen der Serie in an sich bekannter Weise ermittelt werden und in Abhängigkeit von den gewählten Parametern bei der Aufnahme der 2D-Projektionen, also in Abhängigkeit von der Höheneinstellung der Halterung 5, der Ausgangsstellung des C-Bogens 7 relativ zu dem Lagerteil 6, der Ausgangsstellung des Lagerteils 6 relativ zu der Halterung 5, der gewählten Verstellgeschwindigkeit sowie dem gewählten Verstellwinkel im Speicher 17 gespeichert werden. Gegebenenfalls sind für weitere von der in der Figur dargestellten Ausgangsstellung des C-Bogens 7 abweichende Ausgangsstellungen sowie für andere Aufnahmeparameter weitere Serien von 2D-Projektionen im Zuge des Kalibriervorganges anzufertigen, anhand der 2D-Projektionen die Projektionsgeometrien für die einzelnen 2D-Projektionen zu bestimmen und in Abhängigkeit von den Aufnahmeparametern im Speicher 17 abzulegen.

Auf diese Weise erhält man zu verschiedenen Aufnahmeparametern gehörige Datensätze von Projektionsgeometrien, welche bei späterer entsprechender Wahl der Aufnahmeparameter zur Erzeugung eines 3D-Bilddatensatzes aus einer Serie von von einem Objekt aufgenommenen 2D-Projektionen verwendet werden können. Bei Objektmessungen, d. h. bei der Aufnahme von 2D-Projektionen, werden näherungsweise dieselben Schwenkstellungen des C-Bogens 7 eingenommen, welche der C-Bogen 7 bei der Kalibrierung eingenommen hat, so dass die entsprechenden Projektionsgeometrien direkt dem Speicher 17 entnommen und zur Er-

zeugung eines 3D-Bilddatensatzes herangezogen werden können.

Das erfindungsgemäße Röntgengerät ist vorstehend am Beispiel eines verfahrbaren C-Bogen-Röntgengerätes 1 beschrieben. Das erfindungsgemäße Röntgengerät muss jedoch nicht notwendigerweise ein C-Bogen-Röntgengerät sein, sondern es kann sich auch um ein anderes verfahrbares Röntgengerät handeln, welches als Tragevorrichtung, beispielsweise eine u-förmige Tragevorrichtung, aufweist.

Darüber hinaus muss das Röntgengerät nicht alle Einstellmöglichkeiten für das Röntgensystem bieten, wie sie für das C-Bogen-Röntgengerät 1 beschrieben sind. Beispielsweise kann auf die Verstellbarkeit des C-Bogens in Umfangsrichtung oder die Höhenverstellung der Halterung 5 verzichtet werden.

Anstelle des Schrittmotors kann auch ein andersartiger Antrieb verwendet werden, sofern dieser eine wiederholte präzise Einstellung verschiedener Schwenkstellungen des C-Bogens 7 ermöglicht.

Die elektrischen Verbindungen zwischen elektrisch betriebenen Komponenten des C-Bogen-Röntgengerätes 1 sind im Falle des vorliegenden Ausführungsbeispiels nicht explizit dargestellt, da sie in an sich bekannter Weise ausgeführt sind.

Die Ermittlung der Projektionsgeometrien für das erfindungsgemäße Röntgengerät muss im übrigen nicht notwendigerweise durch die beschriebene Offline-Kalibrierung erfolgen. Vielmehr können die Projektionsgeometrien auch Online, d. h. während Objektmessungen, ermittelt werden.

#### Patentansprüche

1. Verfahrbares Röntgengerät mit einem eine Röntgenstrahlenquelle (8) und einen Röntgenstrahlendetektor (9) umfassenden Röntgensystem, welches an einer Tragevorrichtung (7) angeordnet ist, welche Tragevorrichtung (7) zur Aufnahme einer Serie von 2D-Projektionen von einem Objekt um eine wenigstens im wesentlichen horizontal, durch die Tragevorrichtung (7) verlaufende Achse (B) motorisch schwenkbar ist, und mit Mitteln (11, 13, 16, 17) zur Erzeugung eines 3D-Bilddatensatzes aus den aufgenommenen 2D-Projektionen.
2. Verfahrbares Röntgengerät nach Anspruch 1, bei dem die Tragevorrichtung ein C-Bogen (7) ist.
3. Verfahrbares Röntgengerät nach Anspruch 1 oder 2, bei dem die motorische Schwenkung der Tragevorrichtung (7) durch einen digital gesteuerten Antrieb (10) bewirkt wird.
4. Verfahrbares Röntgengerät nach Anspruch 3, bei dem der Antrieb einen Schrittmotor (10) umfasst.
5. Verfahren zur Bestimmung der Projektionsgeometrien für ein verfahrbares Röntgengerät (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 4, bei dem die Tragevorrichtung (7) relativ zu einer Halterung (5) des Röntgengerätes (1) um die durch die Halterung (5) und die Tragevorrichtung (7) wenigstens im wesentlichen horizontal verlaufende Achse (B) schwenkbar ist, aufweisend folgende Verfahrensschritte:
  - a) Einstellung erster die Ausgangsstellung der Tragevorrichtung (7) relativ zu der Halterung (5) umfassender Aufnahmeparameter,
  - b) Anordnung eines zur Bestimmung der Projektionsgeometrien vorgesehenen Phantoms (19) derart relativ zu dem Röntgensystem, dass es von einem von der Röntgenstrahlenquelle (8) zu dem Röntgenstrahlendetektor (9) verlaufenden Röntgenstrahlenbündel durchdrungen werden kann,
  - c) Aufnahme einer Serie von 2D-Projektionen

von dem Phantom (19) während des motorischen Schwenkens der Tragevorrichtung (7) relativ zu der Halterung (5) um die horizontal verlaufende Achse (B),

d) Auswertung der von dem Phantom (19) aufgenommenen 2D-Projektionen zur Ermittlung der Projektionsgeometrien für jede der 2D-Projektionen,

e) Speicherung der ermittelten Projektionsgeometrien für die ersten Aufnahmeparameter, und

f) gegebenenfalls Durchführung der Schritte a) bis e) bei geänderten Aufnahmeparametern.

6. Verfahren zur Bestimmung der Projektionsgeometrien für ein verfahrbares Röntgengerät (1) nach Anspruch 5, bei dem die Tragevorrichtung als C-Bogen (7) ausgebildet ist, welcher längs seines Umfangs verstellbar in einem mit der Halterung (5) verbundenen Lagerteil (6) gelagert ist, wobei die Bestimmung der Projektionsgeometrien in Abhängigkeit von der Ausgangsstellung der Tragevorrichtung (7) relativ zu dem Lagerteil (6) erfolgt.

---

Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen

---

